

# 블록기반 차영상과 투영 그래프를 이용한 연기검출

김 동 근<sup>†</sup> · 김 원 호<sup>††</sup>

## 요 약

본 논문은 비디오 영상에서 블록기반 차영상을 이용한 연기검출 방법을 제시한다. 제안된 방법은 배경으로부터 변경된 영역 검출 단계, 배경영상 갱신단계, 검출된 영역이 연기인지를 판단하는 단계의 세 단계로 구성된다. 입력 비디오에서 각 프레임의 블록 평균영상을 계산하였으며, 변화영역을 검출하기 위하여 배경영상의 블록평균영상과 입력영상의 블록평균영상의 차이를 사용한다. 블록기반 차영상을 투영하여 변화된 시각영역을 검출한다. 차영상의 투영을 이용한 배경블록평균영상의 갱신방법을 제안한다. 변화영역의 중심위치 및 YUV 색상의 시간적 특징을 이용하여 연기영역을 판단한다.

키워드 : 연기 검출, 블록기반 차영상, 투영 그래프

## Smoke Detection using Block-based Difference Images and Projections

Dong-Keun Kim<sup>†</sup> · Won-Ho Kim<sup>††</sup>

### ABSTRACT

In this paper, we propose a smoke detection method which is based on block-wise difference of image frames in video. Our proposed method is composed of three steps which are (a) the detection step of the changed regions against the background, (b) the background update step, and (c) the smoke determination step from the changed regions.

We first construct the block mean image of frames in video. And to extract the changed regions against the background, we use a block-wise difference between background's block mean image and a current input frame's block mean image. After applying projections in block-based difference images, we can determine the changed regions as rectangles using projections of difference images. We propose an update scheme of background's block mean image using the projections. We decide the smoke region using the temporal statistics of the central position and YUV color in the changed region.

Key Words : Smoke Detection, Block-based difference image, Projection Profile

### 1. 서 론

산림청 통계자료에 의하면 우리나라는 2006년 현재 국토의 65퍼센트가 임야로 구성되어 있으며 산림은 목재로서의 가치이외에도 수원함양, 대기정화, 산림휴양, 토사유출 및 붕괴방지, 산림정수, 야생동물보호 등의 공익적 가치가 매우 높은 소중한 자원이다[1]. 산불은 산림자원을 일시에 파괴시킬 뿐만 아니라 한번 발생하면 피해면적이 광범위하며 오랜 복구기간이 소요된다.

최근 산림청 및 지방자치단체는 산불발생을 조기에 감지하기 위하여 산불이 발생할 우려가 있는 지역에 감시카메라를 설치하고 있다. 이러한 산불감시 시스템은 카메라로부터

획득한 영상을 통제소로 유/무선으로 전송하여 모니터에 표시된 영상을 감시자가 육안으로 산불발생을 감시하고 있다.

본 논문에서는 산불감시 목적으로 설치된 CCD 카메라로부터 획득한 비디오 영상으로부터 연기(smoke)를 검출하여 산불발생을 자동으로 검출하는 방법을 제안한다. 연기는 화재 및 산불 발생을 알 수 있는 중요한 시각적 특징 중의 하나이다. 특히 산불처럼 원거리에서 발생한 화재를 시각적으로 알 수 있는 매우 중요한 특징이다.

최근에 비디오 영상으로부터 화재 또는 산불을 검출하기 위한 방법들은 화염(flame)을 검출하는 방법[2,3]과 연기를 검출하는 방법[4-7]으로 구분할 수 있다. W. Phillips[2] 등은 가우시안 필터를 적용한 컬러영상의 히스토그램을 이용하여 화염의 색상을 검출하고, 검출된 화소들의 시간에 따른 변화를 이용하여 검출된 화소들이 실제 화염인지를 판단하였다. 이 방법은 색상 정보를 이용하여 화염을 검출함으로써 카메라의 이동에 영향 받지 않도록 하였으나 화소단위

※ 본 연구는 2005년도 중소기업기술혁신개발사업의 지원으로 수행되었음.

† 종신회원: 공주대학교 컴퓨터공학부 조교수 (교신저자)

†† 정회원: 공주대학교 전기전자공학부 부교수

논문접수: 2007년 3월 9일, 심사완료: 2007년 8월 31일

의 색상 변화는 화염을 검출하는데 충분하지 않다. Che-Bin Liu[3] 등은 높은 밝기 값을 가지는 부분을 초기 화염영역으로 설정한 다음 영역확장 방법을 사용하여 화염영역을 검출하였다. 검출된 화염영역의 경계를 푸리에 계수로 표현하고, 이들 계수의 시간에 따른 변화와 SVM(support vector machine)을 적용하여 화염과 비화염 영역을 구분하였다. B. U. Toreyin[4] 등은 배경영상과 입력영상의 차를 계산하여 배경영상의 화소들로부터 변경된 화소들을 구한 다음, 화소연결 방법을 이용하여 배경으로부터 변경된 영역을 검출하고, 시간과 공간 웨이블릿 변환을 사용하여 검출된 영역에서 에지의 세기가 시간에 따라 약화되는 특징과 색상 값을 이용하여 연기를 검출하였으나 에지의 세기가 민감한 외부환경에 적용하기 힘들다. N. Fujiwara[5] 등은 그레이 스케일 영상에서 연기모양의 자기 유사성(self-similarity)을 이용한 프랙탈 인코딩 방법을 사용하여 연기를 검출하였다. F. G. Rodriguez[6] 등은 웨이블릿과 광류 추적 방법을 사용하여 산불영상에서 연기의 움직임을 검출하고, 연속적인 프레임에서 검출영역이 점점 커지면 연기로 판단하였다.

그 외에 열 감지 기능을 갖는 적외선 카메라로부터 획득한 영상을 이용한 화재감시 방법들이 있다[7-9].

본 논문에서는 입력 비디오 영상 프레임의 블록평균영상과 배경영상의 블록평균영상의 차이를 계산하여 배경영상으로부터의 변화를 계산하고, 블록 차 영상의 수직 및 수평 투영 그래프를 계산하여 카메라의 움직임 등에 의한 배경영상의 변화 검출 및 연기 등에 의한 부분적인 변화영역을 검출하였다. 검출된 변화영역을 유지하여 시간에 따른 검출영역의 증첩성과 증첩된 영역에서의 색상 변화를 이용하여 연기를 판단하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구를 설명하고, 3장에서 제안된 연기 검출 방법을 설명하고, 4장에서는 실험 결과를 보이고, 끝으로 5장에서 결론과 앞으로의 연구 방향을 설명한다.

## 2. 관련 연구

비디오 감시 시스템(video surveillance system)에서 움직임 검출(motion detection) 및 분할(segmentation)은 처리하고자하는 대상의 움직임을 검출하고 분할해 내는 단계로 가장 중요한 단계 중 하나이다. 비디오 영상 처리에서 움직임 검출 및 분할 방법은 인접 프레임 차이(frame difference)를 사용한 방법, 배경 영상과의 차 영상(background subtraction)을 이용하는 방법, 광류(optical flow) 계산 방법 등이 있다.

물체의 움직임(motion) 또는 변화(change)를 검출 하는 간단한 방법은 영상 프레임의 차이를 이용하는 것이다[10]. 영상 프레임의 차이를 이용하는 방법은 크게 다음의 식 (1)과 식 (2)를 이용하는 두 가지 경우이다. 식 (1)은 배경 영상  $B(x, y)$  과 시간  $t$ 에 획득한 영상 프레임  $I(x, y, t)$  사이의 차이로 차 영상  $FD(x, y, t)$ 를 계산하고, 식 (2)는 인접한 영상프레임  $I(x, y, t)$  과  $I(x, y, t - k)$  사이의 차이를

이용하여  $FD(x, y, t)$ 를 계산한다.

$$FD(x, y, t) = |B(x, y, t) - I(x, y, t)| \quad (1)$$

$$FD(x, y, t) = |I(x, y, t) - I(x, y, t - k)| \quad (2)$$

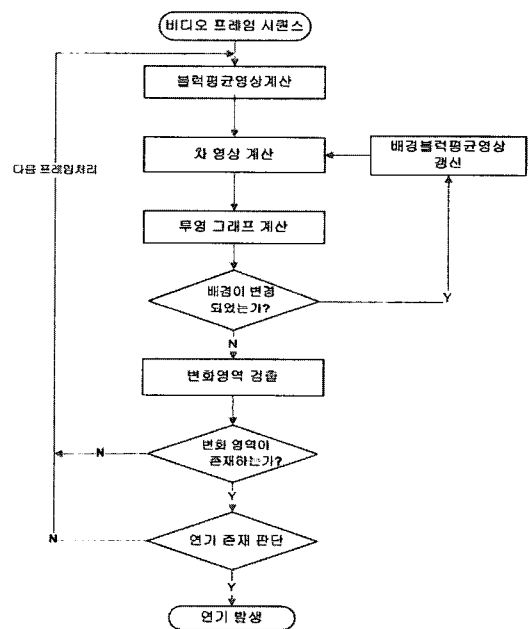
임계값  $T$  보다 큰 값을 가진 화소를 변화가 있는 화소로 구분하여 움직임 또는 변화가 있는 영역과 없는 영역으로 분할된 이진영상,  $MS(x, y, t)$ 을 계산한다.

$$MS(x, y, t) = \begin{cases} 1 & \text{if } FD(x, y, t) > T \\ 0 & \text{o.w.} \end{cases} \quad (3)$$

다음 단계는 임계치에 의해 분할된 이진영상이 화소단위 움직임 정보를 포함하고 있으므로, 화소사이의 연결정보를 사용하여 움직임을 갖는 화소들을 군집화(clustering)를 수행하여 움직임을 갖는 영역을 찾는다. 식 (1)의 방법은 배경영상  $B(x, y)$ 를 효과적으로 구하는 것이 매우 중요한 문제이다. 이러한 방법은 카메라가 고정되어 있어 배경영상이 고정되어 있으며 하나인 경우에 적합하다. 식 (2)의 방법은 배경영상을 필요로 하지 않기 때문에 카메라가 고정되어 있을 필요는 없으나 이동 물체의 색상 값이 유사한 값이거나 물체가 서서히 움직일 경우는 움직임 또는 변화를 검출하기 어려운 단점이 있다.

## 3. 제안된 연기 검출 방법

본 논문에서 제안된 연기 검출 방법은 입력 비디오 영상으로부터 잡음 및 바람 등에 의한 오류를 줄이기 위하여 블록평균 영상을 계산한다. 배경블록 평균영상과의 차 영상을



(그림 1) 제안된 연기검출 방법의 구성도

계산한 다음 임계치 이상의 블록이 변경되면 배경영상을 갱신한다. 배경영상의 변경이 없으면 수평 및 수직 투영 그래프를 계산하여 지역적으로 변경된 사각영역의 위치를 검출한다. 일정시간 동안 계속 변화된 영역이 없다고 판단될 경우는 현재의 입력영상을 배경영상으로 초기화하여 영상의 점진적 변화에 적응하게 한다. 변화된 영역이 검출되면 변화된 영역이 연기인지를 판단하기 위하여 인접한 영상 프레임에서의 변화영역의 크기변화 및 색상정보를 이용한다. (그림 1)은 제안된 연기 검출 방법의 구성도를 나타낸다.

### 3.1 YUV 변환

영상에서 색상은 특정한 대상을 분할 또는 식별하기위한 매우 유용한 특징 정보이다. 영상에서 색상을 표현하는 모델은 RGB, HSI, YIQ, YUV 등 다양한 색상모델이 있다. 본 논문에서는 영상의 밝기 정보와 색상 정보를 분리하여 처리하기 위하여 비디오 영상 포맷에서 많이 사용되고 있는 YUV 색상 모델을 사용한다. Y값은 색상의 밝기(luminance)를 나타내고, U, V 값은 색상(chrominance) 값을 나타낸다. 본 논문에서는 변화 영역 검출 단계에서는 Y 값을 사용하고, 검출된 영역이 연기인지 여부를 판단하기 위한 특징 중 하나로 영역내의 U, V 색상의 평균 및 표준 편차를 사용하였다. 식 (4)는 RGB를 YUV로 변환 식이다[11]. 대부분의 연기가 포함하고 있는 색상인 회색 계열의 색상은 YUV 색상변환을 수행하면 U, V 값이 모두 128로 변환된다.

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.257R + 0.504G + 0.098B + 16 & (4) \\
 U &= -0.148R - 0.291G + 0.439B + 128 \\
 V &= 0.439R - 0.368G - 0.071B + 128
 \end{aligned}$$

### 3.2 변화영역 검출

변화영역(change area)의 검출은 연기검출에서 매우 중요한 단계이다. 연기가 발생하면 연기가 발생하기 전의 배경영상과 차이가 발생한다. 그러나 입력영상과 배경영상의 화소단위 차 영상을 통한 변화영역 검출 방법은 잡음 또는 바람에 의한 나무의 흔들림 등으로 인해 변화영역이 잘못 검출될 가능성이 높다. 따라서 본 논문에서는 변화영역의 검출을 위해 블록단위 차 영상을 이용한다. 블록평균 영상은 입력 비디오 영상 프레임을  $W \times W$  블록으로 분할한 후에 각 블록에서 Y, U, V 평균을 구하여 블록평균영상을 계산한다. 시간  $t$ 의 입력영상  $I(x, y, t)$ 으로부터 계산한 블록 평균영상  $MI(x, y, t)$ 의 Y 값에 의한 밝기 영상과 배경영상의 블록평균영상  $MB(x, y, t)$ 의 Y 값에 의한 밝기영상의 차영상  $BD(x, y, t)$ 는 식 (5)에 의해 계산한다. (그림 2)(a)는 식 (1)에 의한 화소단위 차 영상이며, (그림 2)(b)는 식 (5)에 의한 블록평균에 의한 차영상으로 잡음이 효과적으로 제거되었음을 알 수 있다.

$$BD(x, y, t) = |MI_Y(x, y, t) - MB_Y(x, y, t)| \quad (5)$$



(a)  $FD(x, y, t)$



(b)  $BD(x, y, t)$

(그림 2) 블록평균 차영상

차 영상  $BD(x, y, t)$ 의 수직투영그래프  $PX(x, t)$ 와 수평 투영그래프  $PY(y, t)$ 는 식 (6)에 의해 계산한다. 수직 투영그래프  $PX(x, t)$ 는 세로방향의 변화를 감지하기 위한 것이고, 수평 투영그래프  $PY(y, t)$ 는 영상의 가로방향 변화를 감지하기 위한 것이다.

$$\begin{aligned}
 PX(x, t) &= \sum_{y=0}^{N_Y-1} BD(x, y, t) / N_Y, \quad x = 0, \dots, N_X-1 & (6) \\
 PY(y, t) &= \sum_{x=0}^{N_X-1} BD(x, y, t) / N_X, \quad y = 0, \dots, N_Y-1
 \end{aligned}$$

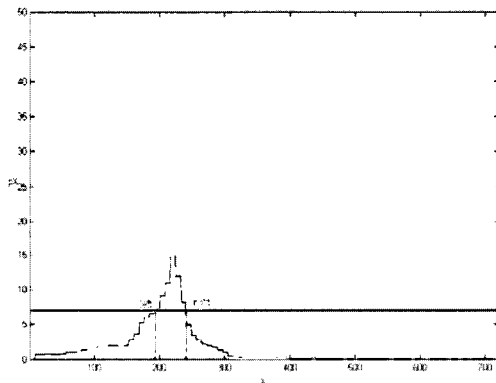
여기서 블록평균영상,  $BD(x, y, t)$ 의 크기는  $N_X \times N_Y$ 이다. 식 (6)에서 투영그래프  $PX(x, t)$ ,  $PY(y, t)$ 를 계산할 때 임계치 이하의 차 영상 값은 0으로 처리하여 사용하지 않는다.  $PX(x, t)$ 는 세로방향의 변동 정보를 갖고 있고,  $PY(y, t)$ 는 가로방향의 변동 정보를 갖는다. 입력 영상과 배경영상이 임계치 이내에서 유사하면 각 투영그래프는 매우 작은 값을 갖고, 변화가 있으면 큰 값을 갖는다. 투영그래프의 평균값이 임계치보다 작으면 변화가 없는 것으로 판단하고, 투영그래프의 평균값이 임계치보다 큰 경우는 카메라의 움직임 또는 바람 등의 외부환경에 의해 변화가 발생한 경우로 판단하고 배경영상을 변경한다. 그 외의 경우는 국부적

인 변화가 발생한 경우이다. 식 (7)에 의해 변화가 크게 발생한 영역에 대한 정보를 갖는 1차원 이진배열  $TX(x,t)$ 와  $TY(y,t)$ 를 조사하여 변화가 발생한 사각영역을 구할 수 있다. 사각영역을 구하기 전에 1차원 마스크를 사용하여 연속된 1의 값이 마스크 크기의 1/2 보다 작으면 0으로 하고, 크면 1로 하여 잡음을 제거한 후에  $TX(x,t)$ 에서 연속된 1의 길이가 가장 큰 사각영역의 left와 right를 (그림 3)(a)의 예와 같이 구한다. 동일한 방법으로  $TY(y,t)$ 를 조사하여 사각형의 top과 bottom을 (그림 3)(b)의 예와 같이 구하여 변화 영역의 사각형  $R_i(t)$ 를 계산한다.

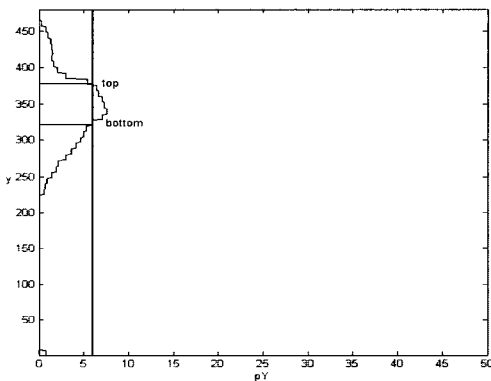
$$TX(x,t) = \begin{cases} 1 & \text{if } PX(x,t) > \text{mean}(PX(x,t)) + \alpha \times \text{std}(PX(x,t)) \\ 0 & \text{o.w.} \end{cases}$$

$$TY(y,t) = \begin{cases} 1 & \text{if } PY(y,t) > \text{mean}(PY(y,t)) + \alpha \times \text{std}(PY(y,t)) \\ 0 & \text{o.w.} \end{cases} \quad (7)$$

여기서  $1 < \alpha < 3$ 이다. 이러한 방법은 영상 취득 시간 및 날씨에 따른 영상의 밝기에 영향을 적게 받으며 임계치를 결정할 수 있다. 또한 투영 그래프의 평균 및 표준편차를 이용하면 카메라 움직임 등에 의한 배경영상의 변경을 감지할 수 있다.



(a)  $PX(x,t)$



(b)  $PY(y,t)$

(그림 3) 블록 차영상의 투영그래프 의한 변화영역  $R_i(t)$  검출

### 3.3 배경영상 갱신

입력영상과 배경영상이 잘 정합될 때는 변화영역과 변화하지 않는 영역을 구분하여, 변화하지 않는 영역은 현재의 입력영상을 배경영상에 반영시키고, 변화하는 영역은 현재의 입력영상을 반영시키지 않는 방법을 사용하여 하나의 배경영상을 유지시키는 방법이 효과적이다. 그러나 산불감시 카메라와 같이 산 정상 부근의 철탑위에 설치된 카메라로부터 넓은 범위에 걸친 영역을 촬영한 비디오에서는 바람 등에 의한 카메라의 흔들림, 대기의 불안정 등으로 입력영상과 배경영상의 차이가 큰 경우가 자주 발생한다. 이때는 부분적으로 변화하는 영역과 변화하지 않는 영역을 판단하여 배경영상을 갱신하는 것보다, 새로운 입력영상으로 배경영상을 변경하는 것이 효과적일 수 있다. 이러한 방법은 배경영상을 갱신하기 위한 처리시간 또한 감소시키는 장점을 갖는다.

본 논문에서는 투영 그래프로부터 배경영상이 변경되었다고 판단되면 현재의 입력영상의 블록평균영상을 배경영상의 블록평균영상으로 설정한다. 배경영상이 변경되는 경우는 크게 3가지 경우로 구분하였다. 식 (8)은 수직 및 수평 투영 그래프의 평균값이 모두 임계치  $T_1$  보다 작으면 배경영상과 현재 입력영상의 차이가 거의 없는 것으로 판단한다. 연속된  $K$ 개의 프레임에서 일정 시간 동안 지속적으로 변화가 없는 것으로 판단되면 시간에 따른 점진적인 변화에 적응하기 위해 주기적으로 배경영상의 블록평균영상을 갱신한다.

$$MB(x, y, t + 1) = MB(x, y, t), \text{ if } (\text{mean}(PX(x, t - k)) < T_1 \text{ and } \text{mean}(PY(y, t - k)) < T_1, k=0 \dots K-1) \quad (8)$$

두 번째는 투영 그래프에서 표준편차가 임계치  $T_2$  보다 큰 경우로, 배경영상과 입력영상이 차이가 큰 것으로 판단하여 배경영상의 블록평균영상을 갱신한다.

$$MB(x, y, t + 1) = MI(x, y, t), \text{ if } \text{std}(PX(x, t)) > T_2 \text{ or } \text{std}(PY(y, t)) > T_2 \quad (9)$$

세 번째 경우는 투영 그래프에 임계치를 적용하여 계산된 이진배열  $TX(x,t)$ 와  $TY(y,t)$ 에서 식 (10)에 의해 변화되는 범위가 큰 경우 전체 영상이 변경된 것으로 판단하여 입력영상을 배경영상으로 설정한다. 식 (9)과 식 (10)은 카메라의 흔들림 또는 다른 요인에 의한 갑작스런 영상의 변화에 해당한다.

$$MB(x, y, t + 1) = MI(x, y, t), \text{ if } \sum_{x=0}^{M-1} TX(x, t) > (M \times 3) \text{ and } \sum_{y=0}^{N-1} TY(y, t) > (N \times 3) \quad (10)$$

여기서,  $0.7 < \beta < 1$

3.4 연기분류

입력영상과 배경영상의 블록평균차이의 투영그래프로부터 검출된 변화영역은 자동차 및 동물의 움직임, 잡음 및 연기 등에 의해 발생할 수 있다. 본 논문에서는 연기 발생을 안정적으로 판단하기 위하여 이전 프레임으로부터 검출한 변화영역의 위치, 크기 및 색상 등을 이용한다. 산불 감시용 카메라는 일정거리 이상 충분히 멀리 떨어져 있기 때문에 차량에 의한 변화영역은 시간 변화에 따라 변화영역의 크기가 일정하게 유지되며 짧은 시간 내에 빠르게 일정한 방향으로 움직인다. 반면 산불이 발생하면 연기영역은 발화 지점을 중심으로 지속적으로 변화하며 확산하기 때문에 영역의 크기가 지속적으로 변화하는 특징을 가지고 있으며, 산불에 의한 연기의 색상은 대부분 회색 색상을 포함하고 있어 식 (4)에 의한 U, V 값은 모두 128 값이 된다.

시간 t에서 변화영역으로 검출된 사각영역  $R_i(t)$ 로부터 중심위치  $mX_i(t)$ ,  $mY_i(t)$ , U, V 색상평균  $mColor_U(R_i(t))$ ,  $mColor_V(R_i(t))$  등을 이용하여 특징을 검출한다.

$$mX_i(t) = (left(R_i(t)) + right(R_i(t))) / 2 \quad (11)$$

$$mY_i(t) = (top(R_i(t)) + bottom(R_i(t))) / 2$$

먼저 변화영역으로 검출된 사각영역의 크기와 중심위치를 이용하여 이전 프레임들에서 검출된 변화영역과 동일한 물체의 변화영역 리스트에 포함되는가를 판단한다. 시간 t에서의 변화영역 리스트  $C(t) = \{C_j(t), j=0, 1, \dots, P-1\}$ 를 구한다.  $C_j(t)$ 는 중심위치, 거리 표준편차, 프레임 수를 포함,  $C_j(t) = (mC_j(t), sC_j(t), nCbunt_j)$ 로 계산된다.  $mC_j(t)$ 는 변화영역의 중심위치,  $mC_j(t) = (mCX_j(t), mCY_j(t))$ 이고,  $sC_j(t)$ 는 중심위치  $mC_j(t)$ 로부터 거리의 표준편차이다. 또한  $nCbunt_j$ 는 변화영역  $C_j(t)$ 에 반영된 프레임의 수이다. 시간 t에 검출된 변화영역  $R_i(t)$ 가  $C(t)$ 의 어느 항목의 리스트의 멤버도 아니면  $R_i(t)$ 를  $C(t)$ 의 새로운 항목으로 추가한다.  $R_i(t)$ 가  $C(t)$  중의 하나인  $C_j(t)$ 의 멤버이면  $R_i(t)$ 를 이용하여  $C_j(t) = (mC_j(t), sC_j(t), nCbunt_j)$ 를 갱신한다.  $R_i(t)$ 와 변화영역 리스트  $C(t)$ 에서 각 변화영역의 거리가 가장 작은 변화영역  $C_j(t)$ 를 찾아 그 거리가 임계치 이하이면  $R_i(t)$ 가  $C_j(t)$ 의 멤버라고 판단하고, 그렇지 않으면  $R_i(t)$ 는 변화영역 리스트  $C(t)$ 의 어느 것보다도 일치하지 않는다고 판단한다. 검출된 변화영역  $R_i(t)$ 는 식 (12)에 의해 연기영역으로 판단한다. 중심위치의 변화가 임계치  $T_3$ 보다 작아야 하며, U, V 색상평균에서 128과의 차이가 임계치  $T_4$ 보다 작으면 연기로 판단한다.

$$R_i(t) \text{ is Smoke if } \begin{matrix} R_i(t) \text{ is a member of } C_j(t) \text{ and} \\ sC_j(t) < T_3 \text{ and} \\ |mColor_U(R_i(t)) - 128| < T_4 \text{ and} \\ |mColor_V(R_i(t)) - 128| < T_4 \end{matrix} \quad (12)$$

4. 구현 및 결과

본 논문에서 제안한 연기 검출 알고리즘의 성능을 확인하기 위하여 펜티엄-IV 2.8GHz와 Windows XP 환경에서 VC++을 이용하여 구현 및 실험하였다. 실험 비디오 영상은 일반 CCD 캠코더로 원거리에서 촬영한 옥외영상과 산불감시용 카메라로부터 획득한 720×480×24비트의 해상도에 24fps 속도의 AVI 비디오 영상이다. 평균영상 블록을 계산하기 위한 블록 크기  $W=8$ 로 하여 계산에 사용되는  $MI(x, y, t)$ ,  $MB(x, y, t)$ ,  $BD(x, y, t)$  등의 영상의 크기는 92×80이며, 프레임의 평균 처리 속도는 0.125sec이다. t는 획득되는 영상 프레임번호이다.

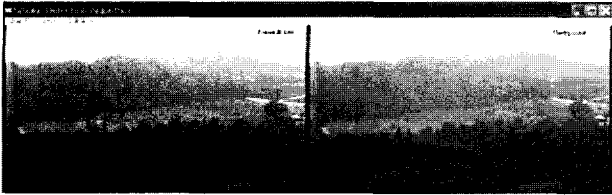
(그림 4), (그림 5), (그림 6)의 왼쪽영상은 현재 입력 영상 프레임이며, 오른쪽은 배경영상이다. (그림 4)는 산불감시용 CCD 카메라로부터 카메라를 정지시켜 놓은 상태에서 획득한 비디오 영상으로부터 연기를 검출하는 실험을 수행하였다. (그림 4)와 (그림 5)에서 연기가 처음 검출되는 프레임에 대한 예시의 식 (8)의 임계치  $T_1=1$ 보다 작으면 변화가 없는 것으로 판단한다. 식 (9)의 표준편차 임계치  $T_2=3$ 보다 크면 배경영상이 변경된 것으로 판단한다. 식 (7)의 표준편차를 조절하는 상수  $\alpha=1$ 로 하였으며, 거리의 표준편차  $sC_j(t)$ 의 임계치는  $T_3=5$ 하였다. U, V 색상평균치의 임계치는  $T_4=5$ 로 하였으며, 배경영상은 변화영역이 검출되지 않을 경우  $K=100$ 개의 프레임 마다 갱신하였다. (그림 4)의 영상에서 검출대상이 되는 물체는 연기가 발생하는 부분 하나이다. 그러나 실제 비디오 영상에서는 바람에 의해 나무와 안개 등의 흔들림과 잡음 등으로 인하여 많은 부분에서 변화가 존재한다. 제안된 배경영상의 갱신 방법인 수식 (8), (9), (10)에 의해 전체 1156개 프레임의 처리에서 배경영상이 29번 변경되었다. (그림 4)의 (a)는 연기가 처음으로 검출된 프레임을 나타낸다. (b)와 (c)는 처리 중간단계를 보여주기 위하여 프레임 번호 500번과 800번 프레임에서의 처리결과를 보여주며, (c)는 비디오의 마지막 프레임에서 연기가 검출된 결과이다. <표 1>은 (그림 4)의 산불감시카메라에서의 연기검출을 위한 특징 값과 연기가 검출된 프레임 수를 표시하였다. 연기가 동일한 영역에서 계속 검출되어 이동거리에 대한 표준편차  $sC_j(t)$ 가 낮게 나옴을 알 수 있으며, U, V 색상의 변화도 매우 적음을 알 수 있다. 실험 결과 704개의 프레임에서 연기가 검출되어 초기에 연기가 없는 부분을 제외하고 거의 모든 프레임에서 연기를 검출하였으며, 연기발생 초기에 효과적으로 연기 발생 위치를 검출하였다.

<표 2> 산불감시카메라에서의 연기검출

t (frame #)	연기 검출 프레임 수	$mC_j(t)$	$sC_j(t)$	$ mColor_U$ $(R_i(t)) - 128 $	$ mColor_V$ $(R_i(t)) - 128 $
415	1	(27.0, 30.0)	0	2.0	1.3
500	48	(27.6, 30.6)	0.14	3.1	1.3
800	348	(27.9, 29.4)	0.47	1.71	0.99
1156	704	(28.4, 28.2)	0.92	1.16	0.65



(a) frame #: 415



(b) frame #: 500



(c) frame #: 800



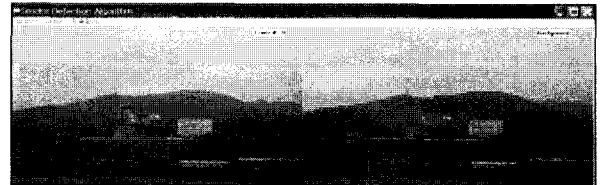
(d) frame #: 1156

(그림 4) 산불감시카메라에서의 연기검출

(그림 5)는 삼각대를 고정시켜 놓고 공장의 굴뚝 연기를 일반 캠코더로 촬영한 비디오 영상에서 실험을 수행한 결과이다. (그림 5)의 (a)는 연기가 처음으로 검출된 프레임수를 나타낸다. (b)와 (c)는 처리 중간단계를 보여주기 위하여 프레임 번호 300번과 500번 프레임에서의 처리결과를 보여주며, (d)는 비디오의 마지막 프레임에서 연기가 검출된 결과이다. 실험 환경은 모두 그림(4)의 실험과 동일한 상태에서 수행하였다. (그림 5)는 공장의 굴뚝에서 연기가 이미 발생한 상태에서 촬영한 영상으로 배경영상에 연기가 나타나 있음을 알 수 있다. 바람도 약하고, 거리도 비교적 가까운 등 영상 취득 환경이 보다 안정적이어서 전체 800개 프레임의 처리에서 배경영상은 한 번도 변경되지 않았다. 이는 연속적으로  $K=100$ 개의 프레임에서 변경영역이 검출되지 않은 경우가 없고, 연기가 발생하는 영역 이외에서는 영상의 변화가 심하지 않기 때문이다. <표 2>는 (그림 5)의 CCD 카메라로부터 획득한 공장굴뚝연기 검출을 위한 특정 값과 연기가 검출된 프레임 수를 표시하였다. 연기가 발생하고 있는 상태에서도 짧은 시간인  $t=30$ 에서 연기를 검출하였다.

<표 3> 공장굴뚝연기 검출

t (frame #)	연기검출 프레임 수	$mC_j(t)$	$sC_j(t)$	$imColor_U$ $R_j(t) - 128$	$imColor_V$ $R_j(t) - 128$
30	1	(37.0, 31.0)	0	2.6	1.6
300	284	(37.6, 30.8)	2.3	4.2	1.6
500	484	(37.5, 30.6)	1.9	4.3	1.6
800	784	(36.9, 30.0)	1.5	4.4	1.5



(a) frame #: 30



(b) frame #: 300



(c) frame #: 500



(d) frame #: 800

(그림 5) 공장굴뚝연기 검출

(그림 6)은 움직이는 자동차가 포함된 공장굴뚝 비디오에서 연기영역과 자동차영역의 차이를 보이기 위한 실험이다.  $sC_j(t)$ 의 임계치  $T_3=10$ 으로 하여 움직임이 큰 자동차를 함께 검출하였다. (그림 6)의 (a), (b), (c)는 자동차가 움직임에 따라 공장의 굴뚝 연기와 함께 검출된 것을 보여준다. 전체 411개 프레임의 처리에서 배경영상은 한번도 변경되지 않았다. <표 3>을 보면 연기영역을 나타내는  $C_1(t)$ 는 411 프레임 중에서 392 프레임이 검출되었으며, 중심위치, 거리 표준편차,  $U, V$  색상 평균은 <표 2>와 유사하게 검출되었다. 자동차 영역을 나타내는  $C_2(t)$ 는 128 프레임이 검출되었으며,  $U, V$  색상이 검은 회색 근처 값이기 때문에  $U, V$  색상으로는 연기와 구분할 수 없다. 그러나 검출된 사각영역



(a) frame #: 103



(b) frame #: 150



(c) frame #: 200

(그림 6) 연기와 자동차 영역의 비교

<표 4> 연기와 자동차 영역의 비교

$C_j(t)$	검출된 프레임 수	$mC_j(t)$	$sC_j(t)$	$n^{Color}_{R_{1t} \sim 128}$	$m^{Color}_{R_{1t} \sim 128}$
$C_1(t)$ 연기	392	(37.2, 28.6)	1.7	4.1	1.5
$C_2(t)$ 자동차	128	(54.3, 48.1)	7.9	0.9	2.2

역이 계속 일정한 방향으로 움직이기 때문에 연기에 의한 변화영역에 비해 중심 이동위치의 표준편차  $sC_j(t)$ 가 큰 것을 알 수 있다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 자동차 등과 같은 인위적인 물체는  $sC_j(t)$ 에 의하여 구분할 수 있다.

### 5. 결 론

본 논문은 입력 비디오 영상 프레임의 블록평균영상과 배경영상의 블록평균영상의 차이를 계산하여 잡음 및 바람 등에 영향을 적게 받으면서 배경영상으로부터의 변화를 계산하고, 블록 차 영상의 수직 및 수평 투영 그래프를 계산하여 카메라의 움직임 등에 의한 전체적인 배경영상의 변화를 검출하는 방법을 제시하였다. 또한 투영 그래프를 이용하여 연기 등에 의한 부분적인 변화영역을 빠른 처리시간 내에

효과적으로 검출하였다. 검출된 변화영역의 시간에 따른 검출영역의 중첩성과 중첩된 영역에서의 색상변화와 이동편차 등을 이용하여 변화영역으로부터 연기영역을 효율적으로 판단하였다. 본 논문에서 제안한 투영 그래프에 의한 변화영역 검출, 배경영상 갱신, 연기 분류 방법은 실시간 처리에 적합한 계산 시간을 갖는다. 제안된 알고리즘을 DSP 보드에 실장 한 연기검출시스템의 구현은 후속 연구과제로 남긴다.

### 참 고 문 헌

- [1] 산림청, 2006년 간추린 통계, <http://www.foa.go.kr>
- [2] W. Phillips III et al, "Frame Recognition in Video," In Fifth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp.224-229, Dec. 2000.
- [3] Che-Bin Liu and N. Ahuja, "Vision based Fire Detection," IEEE International Conference on Pattern Recognition, Cambridge, UK, August 2004.
- [4] B. U. Toreyin et al, "Wavelet based real-time smoke detection in video," Signal Processing:Image Communication, EURASIP, Elsevier, vol. 20, pp. 255-26, 2005.
- [5] N. Fujiwara and K. Terada, "Extraction of a Smoke Region Using Fractal Coding," International Symposium on Communications and Information Technologies, pp.659-662, Sapporo, Japan, Oct. 26-29, 2004.
- [6] F. G. Rodriguez et al, "Smoke Monitoring and measurement Using Image Processing. Application to Forest Fires," Automatic Target Recognition XIII, Proceedings of SPIE Vol.5094, pp.404-411, 2003.
- [7] A. Ollero et al, "Techniques for reducing false alarms in infrared forest-fire automatic detection systems," Control Engineering Practice 7, pp.123-131, 1999.
- [8] S. Briz et al, "Reduction of false alarm rate in automatic forest fire infrared surveillance systems," Remote Sensing of Environment 86, pp.19-29, 2003.
- [9] B. C. Arrue et al, "An Intelligent System for False Alarm Reduction in Infrared Forest-Fire Detection," IEEE Intelligent Systems, pp.64-75, 2000.
- [10] A. M. Tekalp, Digital Video Processing, Prentice Hall PTR, 1995
- [11] Keith, Video Demystified 4th Edition, Newnes, 2004.



### 김 동 근

e-mail : dgkim@kongju.ac.kr

1989년 충남대학교 계산통계학과  
(이학사)

1991년 충남대학교 계산통계학과  
(이학석사)

1996년 충남대학교 전산학과(이학박사)

1996년~2002년 서남대학교 조교수

2002년~2005년 천안공업대학 조교수

2005년~현재 공주대학교 컴퓨터공학부 조교수

관심분야: 영상처리, 컴퓨터 비전, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어  
응용



### 김 원 호

e-mail : whkim@kongju.ac.kr

1985년 경북대학교 전자공학과(학사)

1987년 경북대학교 대학원 전자공학과  
(공학석사)

1999년 충남대학교 대학원 전자공학과  
(공학박사)

1989년~1999년 한국전자통신연구원(ETRI) 무선방송기술연구소  
선임연구원

1999년~2005년 천안공업대학 전자과 조교수

2005년~현재 공주대학교 전기전자공학부 부교수

관심분야: 영상신호처리, 통신신호처리, 위성멀티미디어  
통신시스템